

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 2 月 26 日 (26.02.2004)

PCT

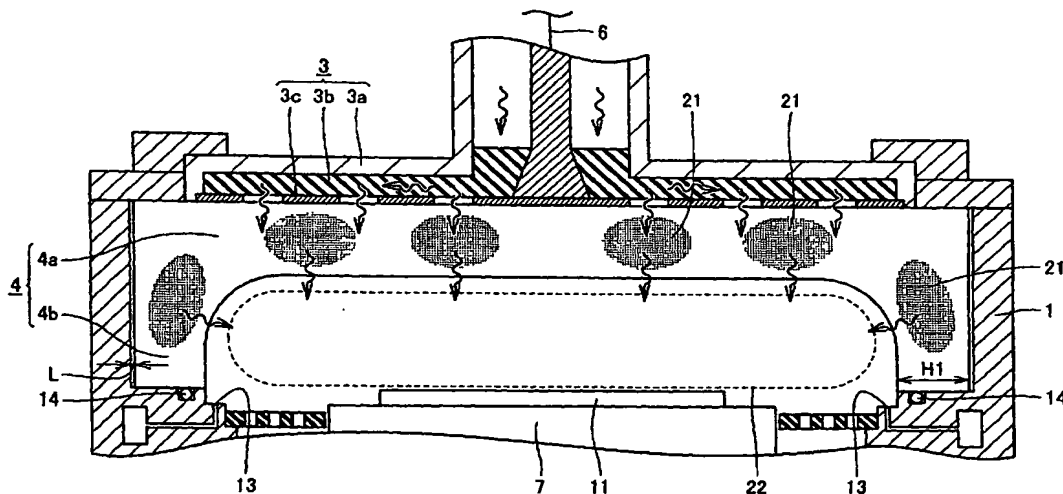
(10) 国際公開番号
WO 2004/017684 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H05H 1/46, H01L 21/31, B01J 19/08
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/010274
- (22) 国際出願日: 2003 年 8 月 12 日 (12.08.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-236314 2002 年 8 月 14 日 (14.08.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 石橋 清隆 (ISHIBASHI, Kiyotaka) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県 尼崎市 扶桑町 1-8 東京エレクトロン株式会社内 Hyogo (JP). 野沢 俊久 (NOZAWA, Toshihisa) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県 尼崎市 扶桑町 1-8 東京エレクトロン株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 深見 久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒530-0054 大阪府 大阪市 北区 南森町 2 丁目 1 番 2 9 号 三井住友銀行南森町ビル 深見特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置



(57) Abstract: A plasma processing device comprising a chamber (1), a high-frequency power supply and an antenna unit (3). The antenna unit (3) comprises a slot plate (3c), a slow wave plate (3b) and an antenna cover (3a). A top plate unit (4) having a flat plate (4a) and side walls (4b) is disposed at the upper portion of the chamber (1). The flat plate (4a) contacts the slot plate (3c) disposed to face a housed substrate (11). The side walls (4b) are formed so as to extend toward a substrate-disposed side from the periphery of the flat plate (4a). The outer periphery surfaces of side walls (4b) contact the chamber (1). The thickness of the side walls (4b) is set to be at least $\lambda_g/4$, where λ_g is the wavelength of a microwave based on the permittivity of the top plate (4). Accordingly, a plasma density can be further increased and a uniformity in plasma density distribution can be improved.

(57) 要約: プラズマ処理装置は、チャンパー (1) と高周波電源とアンテナ部 (3) とを備えている。アンテナ部 (3) は、スロット板 (3c)、遅波板 (3b) およびアンテナカバー (3a) を有して構成される。チャンパー (1) の上部に平板部 (4a) と側

[続葉有]



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

壁部 (4 b) を有する天板部 (4) が配設されている。平板部 (4 a) は、収容された基板 (1 1) と対向するように配置されスロット板 (3 c) に接している。側壁部 (4 b) は、平板部 (4 a) の周部から基板 (1 1) の配置される側に向かって延在するように形成されている。側壁部 (4 b) の外周面はチャンパー (1) に接している。側壁部 (4 b) の厚さは、天板部 (4) の誘電率に基づくマイクロ波の波長を λ_g とすると、 $\lambda_g/4$ 以上に設定されている。これにより、プラズマ密度をより高め、かつ、そのプラズマ密度分布の均一性を向上することができる。

明細書

プラズマ処理装置

5 技術分野

本発明はプラズマ処理装置に関し、特に、チャンバー内にマイクロ波を導入することにより形成されるプラズマ生成領域によって、基板に所定の処理を施すためのプラズマ処理装置に関するものである。

10 背景技術

近年、半導体装置の高密度化および微細化に伴って、半導体装置の製造工程において、成膜、エッチング、アッシング等の処理を施すためにプラズマ処理装置が使用されている。特に、マイクロ波を用いてプラズマを発生させるマイクロ波プラズマ処理装置では、約0.1～10Paの比較的圧力が低い（高真空）条件のもとでも安定してプラズマを発生させることができる。そのため、たとえば周波数2.45GHzのマイクロ波を用いたマイクロ波プラズマ処理装置が注目されている。

そのような従来のプラズマ処理装置の一例について説明する。図6に示すように、プラズマ処理装置は、基板111を収容して基板111に所定の処理を施すためのチャンバー101と、マイクロ波を発生するため高周波電源105と、マイクロ波をチャンバー101内に放射するためのアンテナ部103とを備えている。

アンテナ部103は、スロット板103c、遅波板103bおよびアンテナカバー103aを有して構成される。そのスロット板103cには、マイクロ波をチャンバー101内に向けて放射するための複数のスロット（開口部）が設けられている。高周波電源105にて発生したマイクロ波は、導波管106によりアンテナ部103へ送られる。

チャンバー101の上部には、チャンバー101の隔壁の一部を構成する天板104が配設されている。天板104は、たとえば石英等の誘電体から形成され

ている。天板 104 とチャンバー 101 の隔壁との間には、たとえば Oリングなどのシール部材 114 が設けられている。アンテナ部 103 は、この天板 104 の上方に配置されている。

5 チャンバー 101 内には、収容された基板 111 を保持するためのサセプタ 107 が設けられている。さらに、チャンバー 101 には、チャンバー 101 内を排気するための真空ポンプ 109 が接続されている。

上述したプラズマ装置では、真空ポンプ 109 によりチャンバー 101 内が排気されて、所定の圧力範囲のもとでプラズマを生成するためのガスとして、たとえばアルゴンガスがチャンバー 101 内に導入される。

10 図 7 に示すように、高周波電源 105 により発生したマイクロ波は導波管 106 を伝わり、アンテナ部 103 に到達する。アンテナ部 103 に到達したマイクロ波は、矢印に示すように遅波板 103b を伝播し、スロット板 103c を介してチャンバー 101 内に放射されて電磁界を発生させる。

15 チャンバー 101 内に発生した電磁界によってアルゴンガスが解離し、基板 111 と天板 104 との間にプラズマ生成領域 122 が形成されて、基板 111 に所定のプラズマ処理が行なわれることになる。

20 チャンバー 101 内に形成されたプラズマ生成領域 122 においては、プラズマ生成領域 122 を電気的中性に保つために、プラズマ生成領域 122 中に存在する電子やイオン（荷電粒子）は所定のプラズマ周波数をもって振動する。このプラズマ周波数は電荷密度が高いほど、また、荷電粒子の質量が小さいほど大きくなるという性質を有する。

25 そのため、プラズマ生成領域 122 においてはイオンよりも十分に質量が小さい電子のプラズマ周波数がイオンのプラズマ周波数に比べて十分に高く、マイクロ波の領域にある。このとき、高周波電源 105 により発生したマイクロ波の周波数が、そのプラズマ周波数よりも高い場合には、マイクロ波はプラズマ生成領域 122 内を伝播することができ、マイクロ波をプラズマ生成領域 122 に供給することができる。

ところが、電子の密度が高くなるにしたがって電子のプラズマ周波数も高くなるが、電子のプラズマ周波数が高周波電源 105 により発生したマイクロ波の周

波数を超えると、すなわち、プラズマ生成領域 1 2 2 におけるカットオフ周波数がマイクロ波の周波数よりも高くなると、プラズマ生成領域 1 2 2 の表面においてマイクロ波の電界が遮断される現象が認められるようになる。つまり、マイクロ波がプラズマ生成領域 1 2 2 によって反射されることになる。この現象は電子
5 の密度が高くなるほど強く現れる。

そのため、マイクロ波の電力を上げてプラズマの密度をさらに高めることができなくなり、プラズマ生成領域 1 2 2 におけるプラズマの密度は飽和した状態になる。

一方、天板 1 0 4 には、内部が減圧されるチャンバー 1 0 1 において強度を確保して外気が押す力に対抗するためある程度の厚さが要求される。一般にそのような厚さを有する天板 1 0 4 においては、図 7 に示すように、制御困難なマイクロ波の定在波 1 2 1 が形成されることになる。そのような制御困難な定在波 1
10 2 1 が形成されることによって、プラズマ生成領域 1 2 2 におけるプラズマの密度分布の均一性が悪化することになる。

このように、プラズマ生成領域 1 2 2 においてプラズマ密度をさらに高めることができず、また、プラズマ密度分布の均一性をさらに向上することができなくなる結果、基板 1 1 1 に対して効率的かつ均一なプラズマ処理を施すことが困難になった。

20 発明の開示

本発明は上記問題点を解決するためになされたものであり、その目的はプラズマ密度をより高め、かつ、そのプラズマ密度分布の均一性を向上するプラズマ処理装置を提供することである。

本発明に係るプラズマ処理装置は、基板をプラズマ生成領域に晒して基板に所定の処理を施すためのプラズマ処理装置であって、チャンバーと天板部とアンテナ部とを有している。チャンバーには基板が収容される。天板部はチャンバーの隔壁の一部となる。アンテナ部は、チャンバー内に高周波電磁界を供給し、天板部とチャンバー内に収容された基板との間の領域にプラズマ生成領域を形成する。天板部は、収容された基板と対向するように配置され、アンテナ部に接触する平
25

板部と、平板部の周部から基板の配置される側に向かって延在するように形成された側壁部とを備えている。

この構造によれば、天板部において平板部に加えて側壁部が形成されていることで、プラズマ生成領域に臨む天板部の領域（面積）が増大し、側壁部からもチャンパー内に向けてマイクロ波が放射されることで、プラズマ生成領域におけるプラズマ密度が向上する。

その天板部の誘電率に基づく高周波電磁界の波長を λ_g とすると、側壁部は $\lambda_g/4$ 以上の厚さを有することが好ましい。

これにより、側壁部内に定在波が良好に形成されて、基板の外周部分に対応するプラズマ生成領域の部分に、より大きな電力のマイクロ波を供給することができる。なお、 $\lambda_g/4$ には $\pm 20\%$ の誤差を含むことが意図されるため、側壁部の厚さの下限は $\lambda_g/4 \times 0.8$ となる。側壁部の厚さを $\lambda_g/4$ 以上とするのは、側壁部の厚さ H_2 が $\lambda_g/4$ よりも薄い場合には側壁部の部分にマイクロ波の定在波を良好に形成することができないからである。また、平板部がアンテナ部に接するとは、平板部がアンテナ部に完全に密着する場合の他に、平板部とアンテナ部との間に大気中におけるマイクロ波の波長の $1/10$ 以下の隙間がある場合も含まれる。

一方、側壁部の厚さが十分に厚い場合には、側壁部内に形成される定在波によって電磁界のパワー（電力）密度の高低に起因する干渉模様が出現してプラズマが不安定になる。このため、このような干渉模様の出現を抑制してプラズマを安定して生成するには、側壁部は λ_g よりも薄い厚さを有することが好ましい。

また、平板部および側壁部のプラズマ生成領域に臨む側は、平板部から側壁部にかけて滑らかな曲面を呈することが好ましい。

これにより、マイクロ波が平板部から側壁部へ伝播する際に反射が抑えられて、マイクロ波が効率よく側壁部へ伝播される。

さらに、チャンパー内部に所定のガスを送り込むためのガス吹出し口を備え、そのガス吹出し口は、側壁部に沿ってガスが吹き出るように配置されていることが好ましい。

これにより、側壁部に沿って送り込まれたプロセスガスがプラズマ生成領域に

よって効率的に解離されてプラズマ処理に寄与することができる。

さらに、チャンバーは、側壁部の外周部分に接する導体部を含むことが好ましい。

- 5 これにより、天板部においてプラズマ生成領域に臨まない部分は、導電体によって覆われていることになり、マイクロ波が天板部の中を伝播する際に反射が少なくなつてより伝播しやすくなる。なお、側壁部の外周部分に導体部が接すると、側壁部が導体部に完全に密着する場合の他に、側壁部と導体部との間に大気中におけるマイクロ波の波長の10分の1以下の隙間がある場合も含まれる。

10 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態に係るプラズマ処理装置の断面図である。

図2は、同実施の形態において、プラズマ処理装置の動作を説明するためのマイクロ波の伝播の様子を示す第1の図である。

- 15 図3は、同実施の形態において、プラズマ処理装置の動作を説明するためのマイクロ波の伝播の様子を示す第2の図である。

図4は、同実施の形態において、図2に示すプラズマ処理装置のプラズマ生成領域における電子密度の測定結果を示す図である。

図5は、同実施の形態において、図2に示すプラズマ処理装置のプラズマ生成領域における電子密度の測定結果を示す他の図である。

- 20 図6は、従来のプラズマ処理装置の断面図である。

図7は、図6に示すプラズマ処理装置の動作を説明するためのマイクロ波の伝播の様子を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

- 25 本発明の実施の形態に係るプラズマ処理装置について説明する。図1に示すように、プラズマ処理装置は、基板11を収容して基板11に所定の処理を施すためのチャンバー1と、マイクロ波を発生するため高周波電源5と、マイクロ波をチャンバー1内に放射するためのアンテナ部3とを備えている。

アンテナ部3は、スロット板3c、遅波板3bおよびアンテナカバー3aを有

して構成される。スロット板 3 c は、たとえば厚さ 0.1 mm から数 mm 程度の銅板等から形成されている。そのスロット板 3 c には、マイクロ波をチャンバー 1 内に向けて放射するための複数のスロット（開口部）が設けられている。高周波電源 5 にて発生したマイクロ波は導波管 6 によってアンテナ部 3 へ送られる。

- 5 チャンバー 1 内には、所定のプラズマ処理を施す基板 1 1 を保持するためのサセプタ 7 が設けられている。さらに、チャンバー 1 には、チャンバー 1 内を排気するための真空ポンプ 9 が取り付けられている。

- 10 チャンバー 1 の上部には、チャンバー 1 の隔壁の一部を構成する天板 4 が配設されている。天板 4 は、たとえば石英等の誘電体から形成されている。天板 4 とチャンバー 1 の隔壁との間には、たとえば O リングなどのシール部材 1 4 が設けられている。アンテナ部 3 は天板 4 の上方に配置されている。

- 15 特に天板 4 は、平板部 4 a と側壁部 4 b を有している。平板部 4 a は、收容された基板 1 1 と対向するように配置されスロット板 3 c に接している。側壁部 4 b は、平板部 4 a の周部から基板 1 1 の配置される側に向かって延在するように形成されている。側壁部 4 b の外周面はチャンバー 1 に接している。

平板部 4 a および側壁部 4 b において、プラズマ生成領域に臨む側は平板部 4 a から側壁部 4 b にかけて滑らかな曲面を呈している。以下、このような平板部 4 a と側壁部 4 b を有する天板部 4 を、従来の平板部のみを有する平板型天板部に対してベルジャー型の天板部 4 と呼ぶ。

- 20 側壁部 4 b の厚さ H_1 は、天板部 4 の誘電率に基づくマイクロ波の波長を λ_g とすると、 $\lambda_g/4$ 以上である。マイクロ波の波長を 2.45 GHz とし、天板部 4 をたとえば石英としてその誘電率を考慮すると、天板部 4 を伝播するマイクロ波の波長 λ_g は約 60 mm となる。したがって、側壁部 4 b はそのマイクロ波の波長 λ_g の 4 分の 1 の約 15 mm 以上の厚さ H_1 を有していればよいことになる。
- 25 ところで、 $\lambda_g/4$ には $\pm 20\%$ の誤差を含むことが意図される。そのため、側壁部 4 b の厚さ H_1 の下限は $\lambda_g/4 \times 0.8$ （約 12 mm）となる。

このように、側壁部 4 b の厚さ H_1 を $\lambda_g/4$ 以上とするのは、図 3 に示すように、側壁部 4 b の厚さ H_2 が $\lambda_g/4$ よりも薄い場合には、側壁部 4 b の部分

に後述するマイクロ波の定在波を良好に形成することができないからである。

一方、側壁部 4 b の厚さ H_1 が十分に厚い場合には、側壁部 4 b 内に形成される定在波によって電磁界のパワー（電力）密度の高低に起因する干渉模様が出現する。この干渉模様は、プラズマ処理装置固有のプラズマ密度を超えてプラズマ
5 密度を変えていくと、別の異なる干渉模様に変化するため、この固有のプラズマ密度の近傍では異なる 2 つの干渉模様が出現することになる。

2 つの異なる干渉模様が出現することは干渉模様の変動の要因となり、ひいてはプラズマの生成が不安定になるため、干渉模様の数は少ない方がよい。干渉模様の数は側壁部 4 b の厚さ H_1 に大きく依存し、側壁部 4 b の厚さ H_1 が厚くなるほど干渉模様の数が増加し、およそ $\lambda_g/2$ の整数倍ごとに飛躍的に増えるこ
10 とになる。

側壁部 4 b においてプラズマ密度を向上させるためには、上記のように側壁部 4 b の厚さ H_1 を $\lambda_g/4$ 以上とし、さらには、 $\lambda_g/2$ の 1 倍近傍の厚さとすることがより好ましい。

15 しかしながら、側壁部 4 b の厚さ H_1 を $\lambda_g/2$ の 2 倍以上、すなわち λ_g 以上の厚さにする必要はなく、干渉模様の数を抑えてプラズマを安定して生成するためには、側壁部 4 b の厚さ H_1 は λ_g よりも薄いことが好ましい。

また、平板部 4 a がスロット板 3 c に接するとは、平板部 4 a がスロット板 3 c に完全に密着する場合の他に、平板部 4 a とスロット板 3 c との間に大気中におけるマイクロ波の波長の 10 分の 1 以下の隙間がある場合も含まれる。
20

同様に、側壁部 4 b がチャンバー 1 に接するとは、側壁部 4 b がチャンバー 1 に完全に密着する場合の他に、側壁部 4 b とチャンバー 1 との間に大気中におけるマイクロ波の波長の 10 分の 1 以下の隙間 L がある場合も含まれる。

このように、隙間の大きさとしてマイクロ波の波長の 10 分の 1 以下としたのは、マイクロ波の波長の 10 分の 1 よりも大きい隙間がある場合には、その隙間に生じた電磁界によって天板部 4 内の電磁界の分布が変化してしまうからである。
25

次に、上述したプラズマ装置によるプラズマ処理について説明する。まず、真空ポンプ 9 によりチャンバー 1 内が排気されて、所定の圧力範囲のもとでプラズマを生成するためのガスとして、たとえばアルゴンガスがチャンバー 1 内に導入

される。

一方、高周波電源 5 によりマイクロ波が発生する。発生したマイクロ波は導波管 6 を伝わってアンテナ部 3 に到達する。アンテナ部 3 に到達したマイクロ波は、矢印に示すように遅波板 3 b 内を周縁に向かって伝播する。遅波板 3 b 内を伝播するマイクロ波は、矢印に示すようにスロット板 3 c からチャンバー 1 内に放射される。チャンバー 1 内に放射されたマイクロ波は、チャンバー 1 内に電磁界を発生させる。

チャンバー 1 内に発生した電磁界によってアルゴンガスがイオン化し、基板 1 1 と天板部 4 との間にプラズマ生成領域 2 2 が形成される。そのプラズマ生成領域 2 2 にプロセスガスが導入されるとそのプロセスガスが解離されて、基板 1 1 に対して所定のプラズマ処理が行なわれることになる。

上述したプラズマ処理装置では、特に天板部 4 はベルジャー型であり平板部 4 a に加えて側壁部 4 b が形成されていることで、プラズマ生成領域 2 2 に臨む天板部 4 の領域（面積）が増大する。

従来のプラズマ処理装置では、平板部だけからマイクロ波が放射されるためプラズマ生成領域のプラズマ密度を向上するには限界があったのに対して、本プラズマ処理装置では、平板部 4 a に加えて側壁部 4 b からチャンバー 1 内に向けてマイクロ波が放射されることで、この側壁部 4 b から放射されるマイクロ波がプラズマ生成領域 2 2 におけるプラズマ密度の向上に寄与することができる。

その結果、本プラズマ処理装置では、プラズマ生成領域 2 2 におけるプラズマ密度がさらに向上してプラズマ処理をより効率的に行なうことができる。

特に、本プラズマ処理装置では、側壁部 4 b は、天板部 4 の誘電率に基づくマイクロ波の波長を λ_g とすると $\lambda_g/4$ 以上の厚さ H 1 を有する。これにより、図 2 に示すように、側壁部 4 b 内に定在波 2 1 を形成することができる。

一方、側壁部 4 b の厚さ H 1 を λ_g よりも薄い厚さに設定することで、側壁部 4 b に出現する干渉模様を抑えてプラズマを安定して生成することができる。

また、平板部 4 a がスロット板 3 c に接するとともに、側壁部 4 b の外周面がチャンバー 1 に接している。そのため、天板部 4 においてプラズマ生成領域 2 2 に臨まない部分は、導電体によって覆われていることになる。これにより、マイ

クロ波が天板部の中を伝播する際に反射が少なくなって伝播しやすくなる。

さらに、平板部 4 a および側壁部 4 b におけるプラズマ生成領域 2 2 に臨む側では、平板部 4 a から側壁部 4 b にかけて滑らかな曲面を呈している。これにより、マイクロ波が平板部 4 a から側壁部 4 b へ伝播する際に反射が抑えられて、
5 マイクロ波が効率よく側壁部 4 b へ伝播される。

このようにして効率的に側壁部 4 b へ伝播したマイクロ波によって側壁部 4 b に定在波 2 1 が形成されて、プラズマ生成領域 2 2 のうち基板 1 1 の周辺部分に対応する部分に向けて、電力のより大きいマイクロ波を供給することができる。その結果、プラズマ生成領域 2 2 におけるプラズマ密度が高められるとともに
10 プラズマ密度の均一性がさらに向上して、基板 1 1 面に対してプラズマ処理をより均一に施すことができる。

一方、側壁部 4 b が $\lambda_g/4$ よりも薄い厚さ H 2 である場合には、図 3 に示すように、側壁部 4 b 内に定在波を確実に形成することができなくなる。この場合には、基板 1 1 の周辺部分に対応するプラズマ生成領域 2 2 の部分に向けて、電力のより大きいマイクロ波を供給することができず、プラズマ生成領域 2 2 にお
15 けるプラズマ密度を十分に高めることができない。

次に、上述した本プラズマ処理装置に対して行なったプラズマ密度（電子密度）の測定評価について説明する。まず、マイクロ波の電力 2 KW、圧力 6 7 Pa、アルゴンの流量 $1.7 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{e} \cdot \text{c}$ 、窒素の流量 $0.034 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{e} \cdot \text{c}$ のもとで、プラズマ処理装置内にプラズマ生成領域を形成させた。
20

ラングミュアプローブ（Langmuir probe）を用いてそのプラズマ生成領域の電子密度を測定した。また、レファレンスとして従来のプラズマ処理装置（平板型）における電子密度を同様に測定した。

その結果を図 4 に示す。横軸は距離を示し、基板の中心に対応する位置から基板の外周へ向かう距離が示されている。縦軸は電子密度を示し、特に、基板の中心に対応する位置における電子密度を 1 として規格化された値が示されている。
25

図 4 に示すように、従来のプラズマ処理装置では、プラズマ生成領域における電子密度は、基板の中心から外方に向かうにしたがって徐々に減少していることがわかる。

一方、本プラズマ処理装置では、基板の中心に対応する位置から約150mm離れた位置から電子密度が徐々に高くなる傾向が認められる。これにより、側壁部4bに形成される定在波21によって、基板の周辺部分に対応するプラズマ生成領域22の部分に向けて電力のより大きいマイクロ波が供給されて、電子密度を高めることができることが実証された。

このことは、見方を変えると次のように考えられる。まず、従来のプラズマ処理装置では、図7に示すように、マイクロ波は平板状の天板104からプラズマ生成領域122に放射される。そのため、プラズマ生成領域122における基板111の周辺部分に対応する部分に対しては、天板104の外周部分からしかマイクロ波が供給されず、チャンバー101の側面部分では、プラズマ生成領域122が消滅する境界条件となっていた。

これに対して本プラズマ処理装置では、図2に示すように、ベルジャー型の天板部4の側壁部4bに形成される定在波21によって、基板11の周辺部分に対応するプラズマ生成領域22の部分に向けて側壁部4b（チャンバー1の側面部分）からもマイクロ波が供給されることになる。これにより、側壁部4b部分では、プラズマ生成領域22が生成する境界条件となる。

その結果、本プラズマ処理装置では、従来のプラズマ処理装置と比べてプラズマ生成領域の電子密度（プラズマ密度）を容易に高めることができるとともに、電子密度の均一性が向上し、基板に対して所定のプラズマ処理を効率的に、しかも均一性よく施すことができる。

発明者らは、この評価結果に基づいて天板部4等の寸法の合せ込みを行って、再びプラズマ密度の測定を行った。その結果について説明する。まず、マイクロ波の電力1.5KW、圧力67Pa、アルゴンの流量1.7Pa・m³/sec、窒素の流量0.068Pa・m³/secのもとで、プラズマ処理装置内にプラズマ生成領域を形成させた。

ラングミュアプローブを用いて測定したプラズマ生成領域の電子密度を測定結果を図5に示す。図5に示すように、本プラズマ処理装置および従来のプラズマ処理装置では、双方とも、プラズマ生成領域における電子密度は、基板の中心から外方に向かうにしたがって徐々に減少していることがわかる。

しかしながら、本プラズマ処理装置では、従来のプラズマ処理装置に比べて基板の中心から外方に向かってより緩やかに減少していることが認められた。

これにより、前述したプラズマ処理装置の場合と比べると、電子密度のウェハ径方向に対する変動の幅を抑えることができ、プラズマ密度をより均一にすることができることがわかった。

5 なお、このように本プラズマ処理装置の側壁部 4 b（チャンバー 1 の側面部分）では、プラズマ生成領域 2 2 が生成する境界条件となることで、図 2 に示すように、プロセスガス等のガス吹出し口を側壁部 4 b に沿ってガスが吹き出るように配置することが望ましい。これにより、側壁部 4 b に沿って送り込まれたプロセスガスがプラズマ生成領域によって効率的に解離されてプラズマ処理に寄与
10 することができる。

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明は上記の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含ま
15 れることが意図される。

本発明に係るプラズマ処理装置によれば、天板部において平板部に加えて側壁部が形成されていることで、プラズマ生成領域に臨む天板部の領域（面積）が増大し、側壁部からもチャンバー内に向けてマイクロ波が放射されることで、プラズマ生成領域におけるプラズマ密度が向上する。

20 その天板部の誘電率に基づく高周波電磁界の波長を λ_g とすると、側壁部は $\lambda_g/4$ 以上の厚さを有することが好ましく、これにより、側壁部内に定在波が良好に形成されて、基板の外周部分に対応するプラズマ生成領域の部分に、より大きな電力のマイクロ波を供給することができる。

一方、側壁部の厚さが十分に厚い場合には、側壁部内に形成される定在波によって電磁界のパワー（電力）密度の高低に起因する干渉模様が出現してプラズマ
25 が不安定になる。このため、このような干渉模様の出現を抑制してプラズマを安定して生成するには、側壁部は λ_g よりも薄い厚さを有することが好ましい。

また、平板部および側壁部のプラズマ生成領域に臨む側は、平板部から側壁部にかけて滑らかな曲面を呈することが好ましく、これにより、マイクロ波が平板

部から側壁部へ伝播する際に反射が抑えられて、マイクロ波が効率よく側壁部へ伝播される。

さらに、チャンバー内部に所定のガスを送り込むためのガス吹出し口を備え、そのガス吹出し口は、側壁部に沿ってガスが吹き出るように配置されていることが好ましく、これにより、側壁部に沿って送り込まれたプロセスガスがプラズマ生成領域によって効率的に解離されてプラズマ処理に寄与することができる。

さらに、チャンバーは、側壁部の外周部分に接する導体部を含むことが好ましく、これにより、天板部においてプラズマ生成領域に臨まない部分は、導電体によって覆われていることになり、マイクロ波が天板部の中を伝播する際に反射が少なくなつてより伝播しやすくなる。

産業上の利用可能性

この発明は、チャンバー内にマイクロ波を導入することによって形成されるプラズマ生成領域によって、基板にエッチングや成膜などの所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、プラズマ密度分布の均一性を向上する構造に有効に利用される。

請求の範囲

1. 基板(11)をプラズマ生成領域(22)に晒して基板(11)に所定の処理を施すためのプラズマ処理装置であって、

5 基板(11)を収容するためのチャンバー(1)と、

前記チャンバー(1)の隔壁の一部となる天板部(4)と、

前記チャンバー(1)内に高周波電磁界を供給し、前記天板部(4)と前記チャンバー(1)内に収容された前記基板(11)との間の領域にプラズマ生成領域(22)を形成するためのアンテナ部(3)と

10 を有し、

前記天板部(4)は、

収容された基板(11)と対向するように配置され、前記アンテナ部(3)に接触する平板部(4a)と、

15 前記平板部(4a)の周部から基板(11)の配置される側に向かって延在するように形成された側壁部(4b)と
を備えた、プラズマ処理装置。

2. 前記天板部(4)の誘電率に基づく高周波電磁界の波長を λ_g とすると、前記側壁部(4b)は、 $\lambda_g/4$ 以上の厚さを有する、請求項1記載のプラズマ処理装置。

20 3. 前記側壁部(4b)は λ_g よりも薄い厚さを有する、請求項2記載のプラズマ処理装置。

4. 前記平板部(4a)および前記側壁部(4b)のプラズマ生成領域(22)に臨む側は、前記平板部(4a)から前記側壁部(4b)にかけて滑らかな曲面を呈する、請求項1記載のプラズマ処理装置。

25 5. 前記チャンバー(1)内部に所定のガスを送り込むためのガス吹出し口(13)を備え、

前記ガス吹出し口(13)は、前記側壁部(4b)に沿ってガスが吹き出るように配置された、請求項1記載のプラズマ処理装置。

30 6. 前記チャンバー(1)は、前記側壁部(4b)の外周部分に接触する導体部(1)を含む、請求項1記載のプラズマ処理装置。

FIG.1

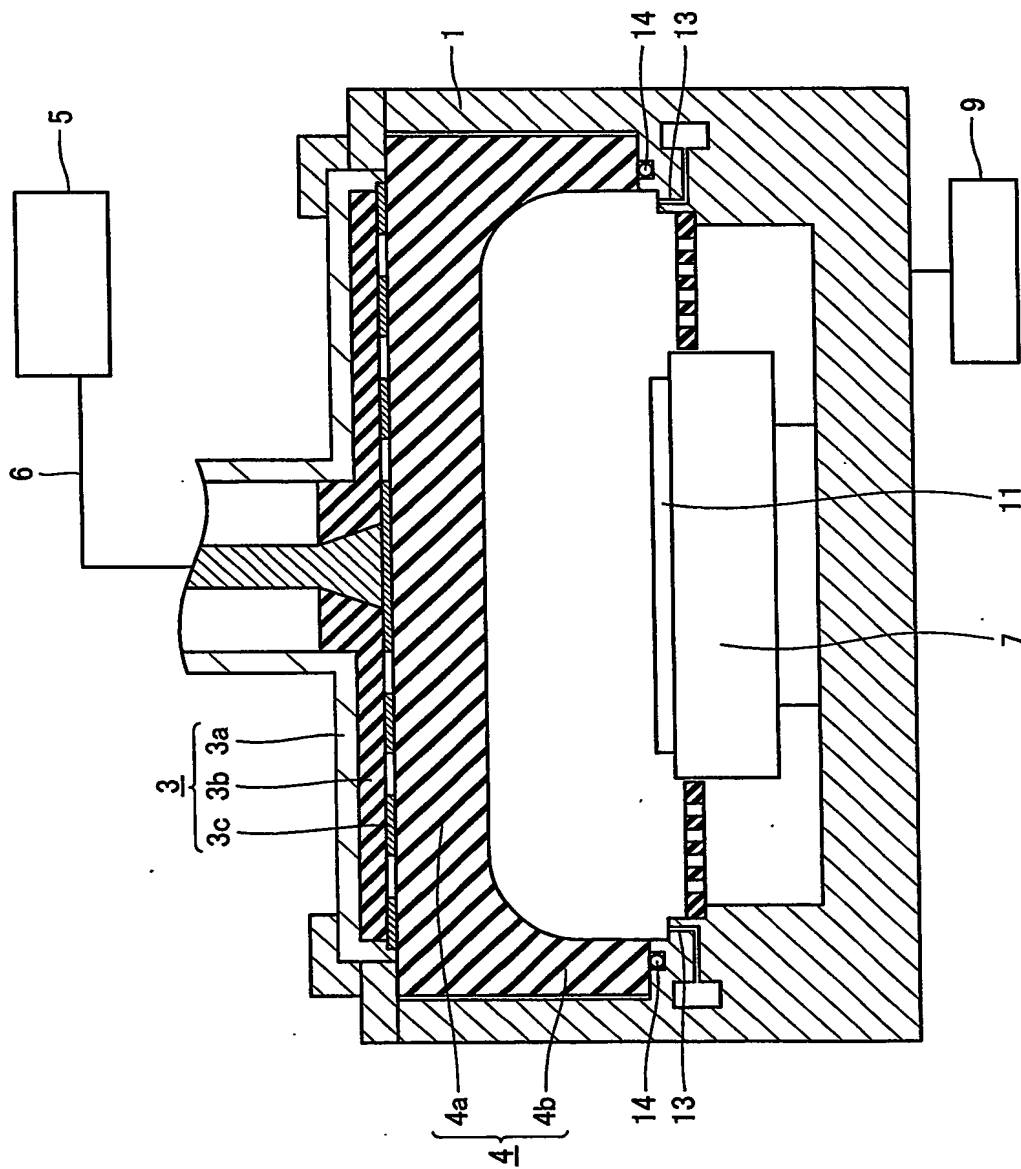


FIG.2

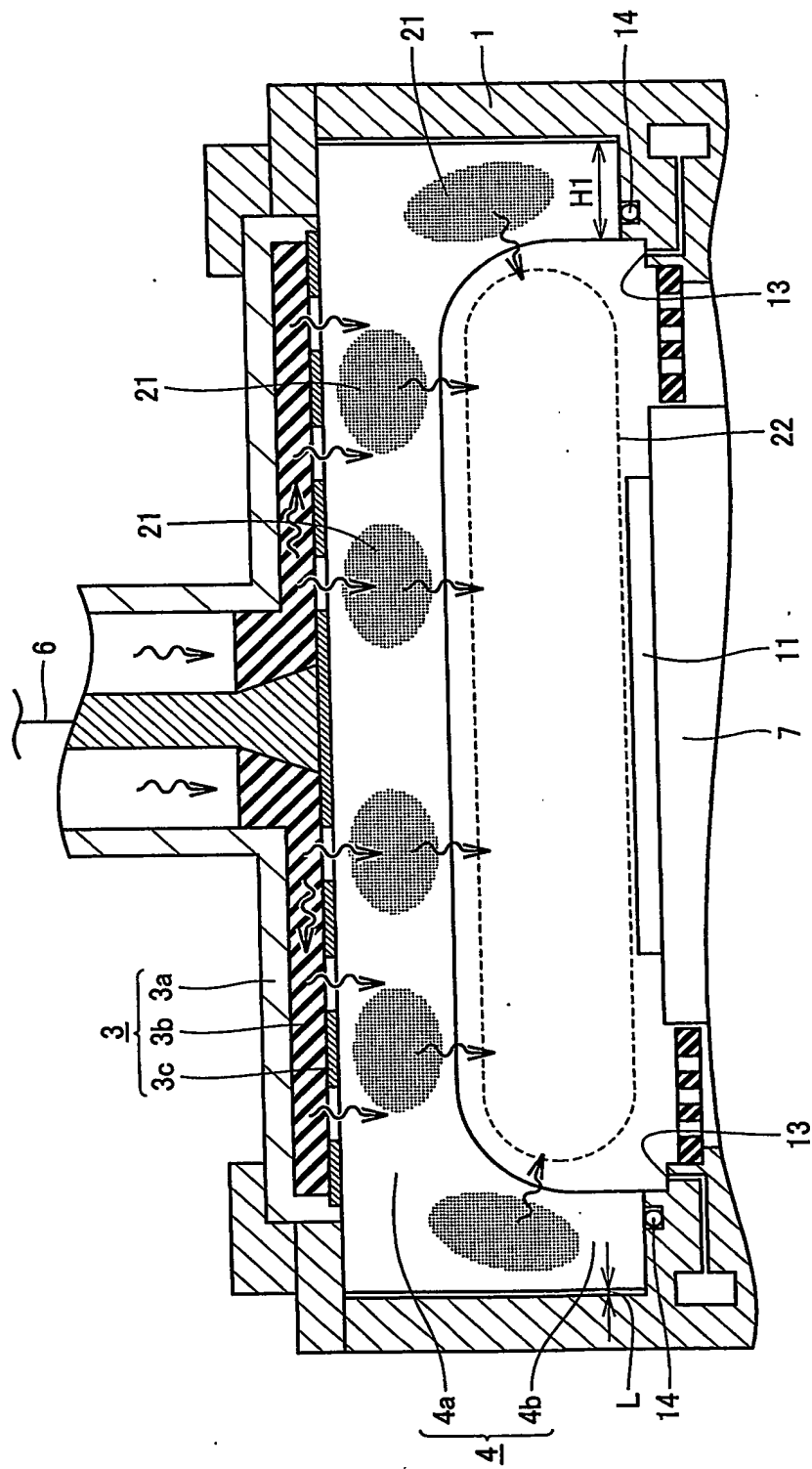


FIG.3

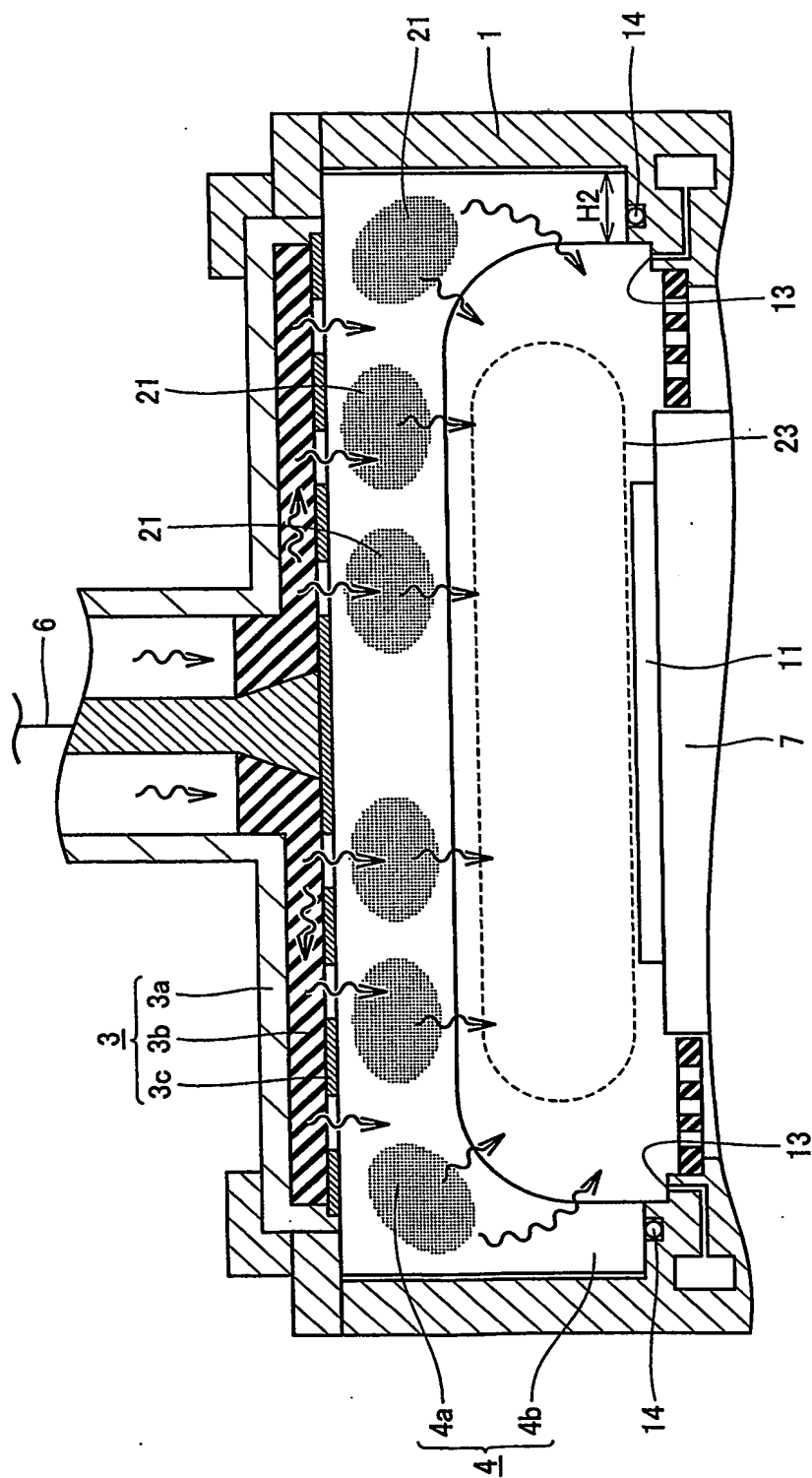


FIG.4

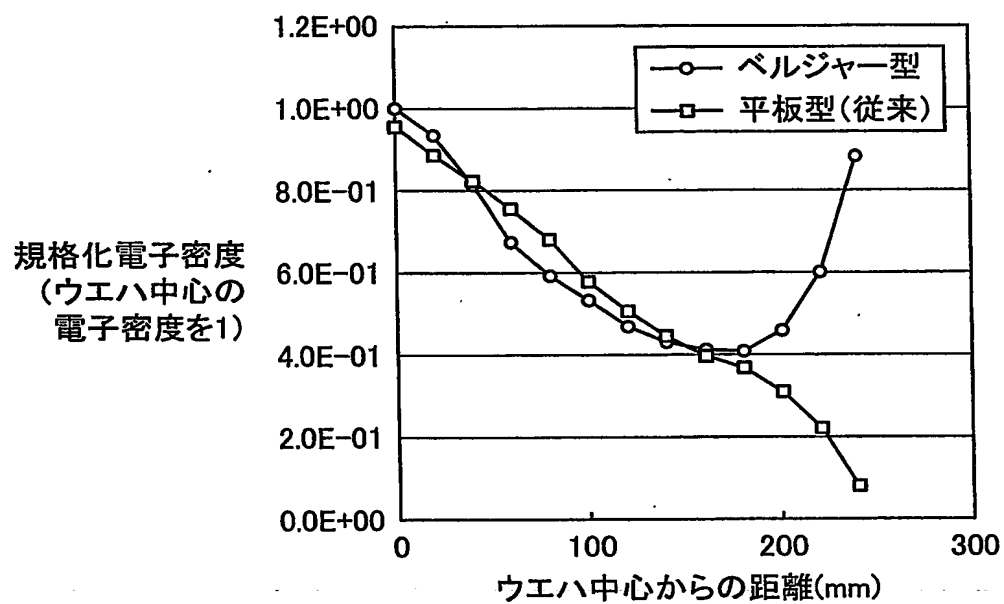


FIG.5

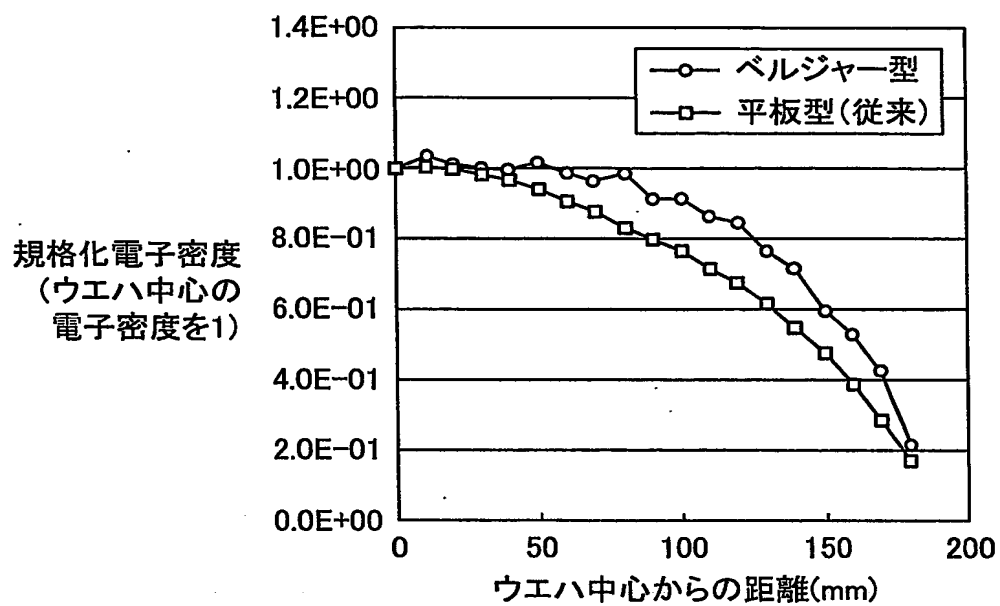


FIG.6

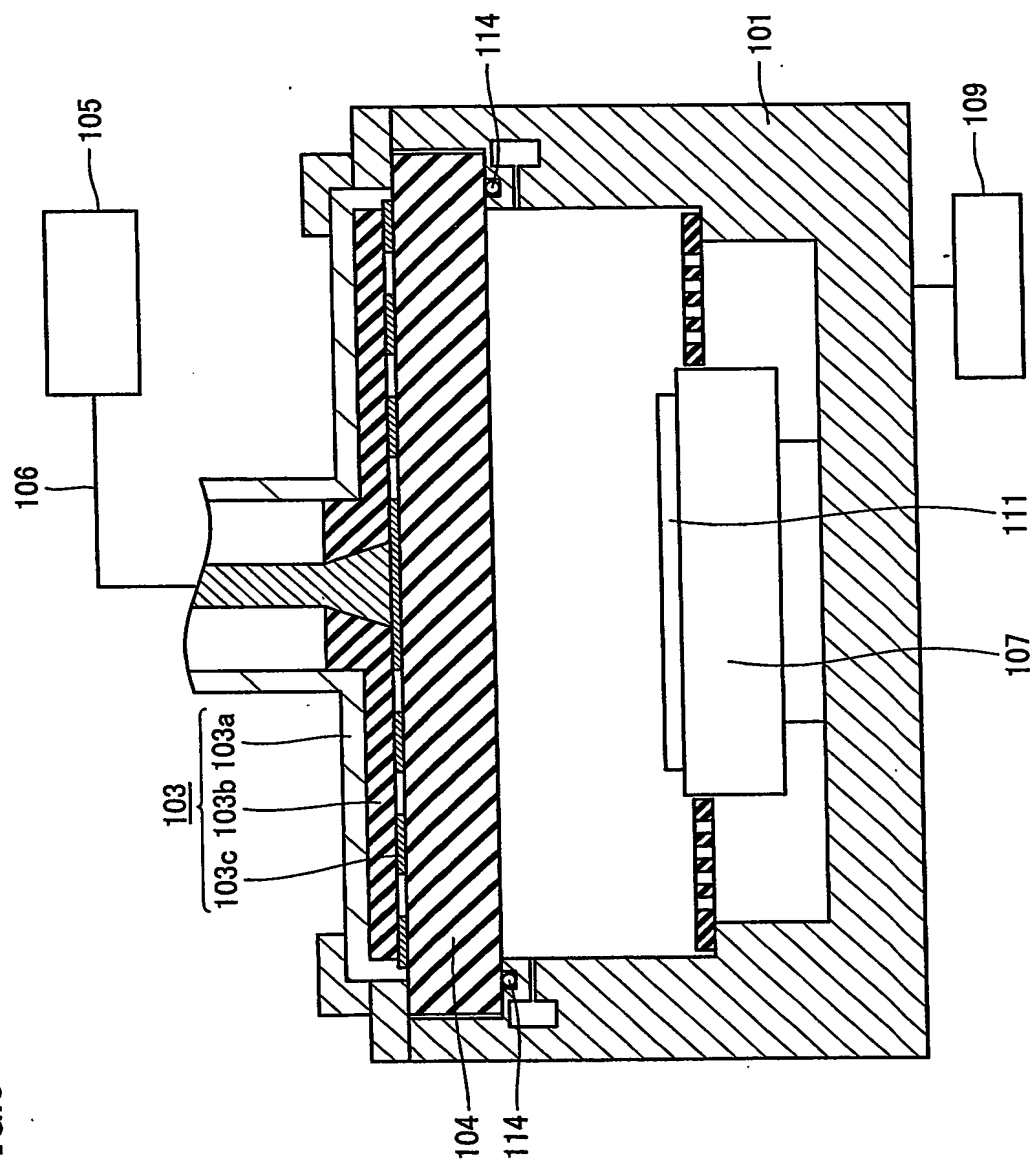
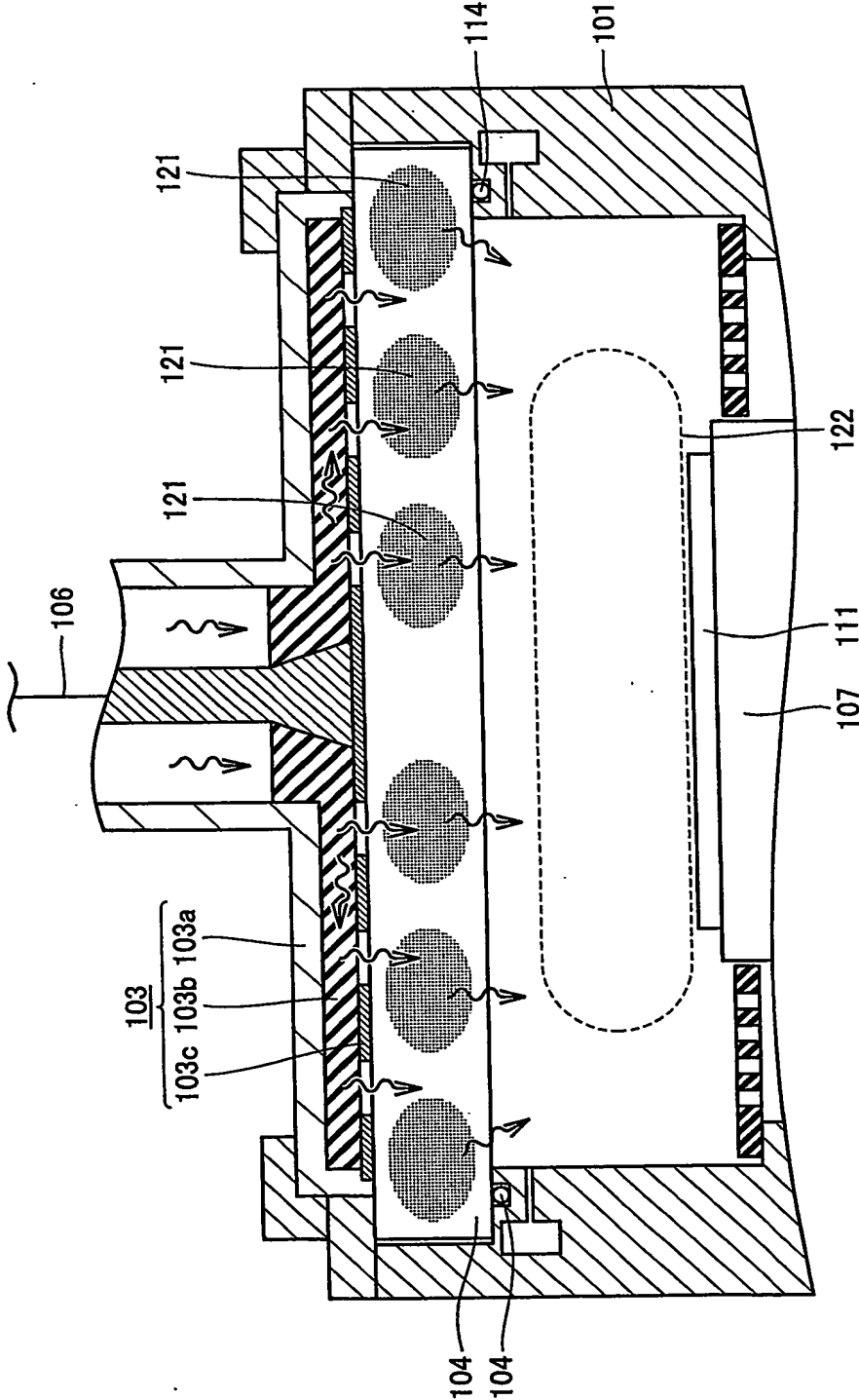


FIG.7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10274

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H05H1/46, H01L21/31, B01J19/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H05H1/46, H01L21/3065, H01L21/31, C23C14/22, C23C16/511,
B01J19/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1940-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 10-294199 A (Hitachi, Ltd.), 04 November, 1998 (04.11.98), Par. No. [0016]; Fig. 4 (Family: none)	1, 6 2-5
Y	JP 2000-331998 A (Hitachi, Ltd.), 30 November, 2000 (30.11.00), Par. Nos. [0023] to [0026]; Fig. 1 (Family: none)	1
Y	JP 8-106994 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 23 April, 1996 (23.04.96), Par. Nos. [0041], [0046] to [0050]; Figs. 1 to 3 & US 5234526 A1 & EP 586579 A	2-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 11 November, 2003 (11.11.03)	Date of mailing of the international search report 02 December, 2003 (02.12.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10274

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 63-126196 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 30 May, 1988 (30.05.88), Page 3, upper left column, line 9 to upper right column, line 17; Fig. 1 (Family: none)	2-3
Y	JP 9-181046 A (Hitachi, Ltd.), 11 July, 1997 (11.07.97), Par. Nos. [0075] to [0078]; Fig. 4 (Family: none)	5
A	JP 2001-167900 A (Rohm Co., Ltd.), 22 June, 2001 (22.06.01), Par. No. [0025] (Family: none)	1-6
P,A	JP 2002-299240 A (Tadahiro OOMI), 11 October, 2002 (11.10.02), Column 8, line 3 to Par. No. [0020]; Par. Nos. [0022] to [0030]; Fig. 2A & WO 02/80252 A1	1-6
E,A	JP 2003-289065 A (Shibaura Mechatronics Co., Ltd.), 10 October, 2003 (10.10.03), Full text; all drawings (Family: none)	5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H05H1/46, H01L21/31, B01J19/08

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H05H1/46, H01L21/3065, H01L21/31, C23C14/22, C23C16/511, B01J19/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 10-294199 A(株式会社日立製作所) 1998.11.04 段落0016, 図4 (ファミリーなし)	1, 6
Y		2-5
Y	JP 2000-331998 A(株式会社日立製作所) 2000.11.30 段落0023-0026, 図1 (ファミリーなし)	1
Y	JP 8-106994 A(住友金属工業株式会社) 1996.04.23 段落0041, 0046-0050, 図1-3 &US 5234526 A1 &EP 586579 A	2-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.11.03

国際調査報告の発送日

02.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山口 敦司



2M

9216

電話番号 03-3581-1101 内線 6234

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 63-126196 A(日本電信電話株式会社) 1988.05.30 第3頁左上欄第9行ー同右上欄第17行, 第1図 (ファミリーなし)	2-3
Y	JP 9-181046 A(株式会社日立製作所) 1997.07.11 段落0075-0078, 図4 (ファミリーなし)	5
A	JP 2001-167900 A(ローム株式会社) 2001.06.22 段落0025 (ファミリーなし)	1-6
P, A	JP 2002-299240 A(大見忠弘) 2002.10.11 第8欄第3行ー段落0020, 段落0022-0030, 図2A &WO 02/80252 A1	1-6
E, A	JP 2003-289065 A(芝浦メカトロニクス株式会社) 2003.10.10 全文, 全図 (ファミリーなし)	5